关系网络视角下新兴技术识别研究进展*

■ 刘盼盼[1,2] 王丽[1,2]

[1] 中国科学院文献情报中心 北京 100190 [2] 中国科学院大学经济与管理学院图书情报与档案管理系 北京 100190

摘 要：[目的/意义] 新兴技术识别有助于国家、企业等把握技术前沿、发现技术机会、抢占市场先机、创造社会价值。梳理新兴技术识别的研究进展，以期为新兴技术识别研究提供参考。[方法/过程] 在明确新兴技术概念和特征的基础上，详细介绍基于关系网络的新兴技术识别方法，并从新兴技术识别的网络节点、网络关系、测度指标进行总结，对未来新兴技术识别研究提出建议。[结果/结论] 基于关系网络的新兴技术识别方法包括基于引用关系、共现关系以及相似度关系的方法，新兴技术识别的网络节点主要来自论文和专利数据，现有指标体系包括文献计量学指标和网络结构特征指标。未来，新兴技术识别研究可以从丰富数据源、网络关系融合、测度指标等方面进行改进；同时，重点加强对新兴技术识别中多源数据和多元关系的融合网络的探索。

关键词：新兴技术 关系网络 技术识别
分类号：G250.2
DOI：10.13266/j.issn.0252-3116.2022.11.015

1 引言

当前科技革命和产业变革方兴未艾，国际形势复杂多变，如何更好地识别新兴技术，对我国未来的安全和科技创新发展至关重要。2011 年，美国国家情报高级研究计划局资助的“科学展望前瞻计划（FUSE）”[1] 旨在开发自动化方法，利用已发表的科学、技术和专利文献中的信息，对新兴技术进行系统、持续和全面的评估。欧盟的 PromTech 项目[2] 致力于通过对科学文献的分析来定位新兴技术。2020 年 3 月，北约科学技术组织发布了《科学和技术趋势：2020－2040》[3]，该报告集成多个国际机构组织关于颠覆性技术的测量工具和指标，对未来 20 年世界新兴和颠覆性技术进行了识别与预测。

在技术变革的浪潮下，新兴技术的形成过程和依赖关系较为复杂，导致其识别难度较大，因此如何准确地识别新兴技术是科技创新领域的重点和难点问题。目前，已有学者对新兴技术相关研究展开述评，侯剑华等[4]、周萌等[5]、王玏等[6]、刘小玲等[7] 学者从新兴技术的概念、管理实践进行总结，或从定性定量的角度对识别方法进行划分，但少有从关系网络视角的角度进行系统深入的分析。徐建国等[8] 从时间、数据关联两个维度梳理新兴技术识别方法，重点介绍基于网络科学和科技图谱的方法，但其仅描述了不同网络的含义；卢小宾等[9] 从计量与演化视角归纳新兴技术识别的特征、数据表示和识别方法，其中提出更多基于关系融合网络的新兴技术识别研究出现，但未对这方面进行详细描述。

新兴技术识别方法较为宽泛，关系网络是其中一种重要方法。因此，本文聚焦基于关系网络的新兴技术识别方法，首先，检索国内外相关文献，系统梳理新兴技术的概念；其次，重点对现有基于关系网络的新兴技术识别方法进行总结与归纳，对比分析各种方法的优劣势以及使用场景；最后，提出新兴技术识别未来在多源数据节点、多元关系网络和多维指标体系可能的发展方向，以期为相关学者的进一步研究提供参考与借鉴。

2 新兴技术的概念与特征

在 Web of Science 中，借鉴 D. Rotolo 等[10] 的检索策略，设置检索式：TS = ("emerg* technolog* " or "technolog* emerg* " or "emerg* of* technolog*" or "emerg* scien* technolog*" or "emerg* topic* " or "emerg* of* topic* ")，索引 = (SCI-EXPANDED,

* 本文系国家科技图书文献中心 NSTL 项目“国家重大科技战略问题情报研究”（项目编号：2021XM59）研究成果之一。
作者简介：刘盼盼，硕士研究生；王丽，副研究馆员，硕士生导师，通信作者，E-mail：wangli@mail.las.ac.cn。
收稿日期：2021-12-05 修回日期：2022-01-19 本文起止页码：139-150 本文责任编辑：王传清

SSCI),时间跨度 = 所有年份,并限定社会科学领域期刊,共搜集得到 449 篇文献。在中国知网中,检索主题 =“新兴技术识别 + 新兴主题识别”,来源类别 = 北大核心 + CSSCI,发表时间 = 不限,共检索到 64 篇文献。通过人工判读筛选,最终得到 56 篇文献,并在阅读文献的过程中,通过参考文献补充相关文献。经过阅读发现一些学者未对新兴技术和新兴主题进行严格区分,且部分新兴主题识别的研究方法与新兴技术识别方法类似,所以将这部分关于新兴主题识别的研究方法也纳入本文范围。

G. S. Day 等[11]在其代表性著作 *Wharton on Managing Emerging Technologies* 中将“新兴技术”定义为基于科学的创新,这些创新具有创造新产业或改造现有产业的潜力。国内华宏鸣等[12]从商业化的角度定义“新兴技术”,认为新兴技术指未被商业化的,但在 3 – 5 年内能被商业化的技术,或是现在已经被应用但将会发生明显变化的技术。

新兴技术概念被提出后,国内外学者、机构从不同角度对新兴技术进行概念界定,一是从新兴技术的产生和发展的角度阐述其在技术上的创新,强调时间和内容上的“新”;二是关注新兴技术的正在兴起、不断涌现或变革可能会对未来产业、市场的发展产生重大的影响,强调效应层面的“兴”;三是更多学者立足 G. S. Day 等的理论,综合技术和效应两个角度对新兴技术进行界定,如表 1 所示:

表 1 新兴技术概念

研究角度	代表学者	概念界定
技术属性	H. Small 等[13];A. Breitzman 等[14]	• 新的并且快速增长的技术 • 有高速发展的潜力,可能开辟新的技术和科学领域
效应角度	王凌燕等[15];J. Alexander 等[16];A. L. Porter 等[17];M. Halaweh[18]	• 正在涌现、发展和扩散的技术,具有蓬勃的发展趋势和较大商业潜能,可能在未来对行业经济产生较大影响 • 未来 10 至 15 年内具有社会相关性的技术 • 能够对经济和社会产生潜在影响 • 对工业、商业、社会产生彻底改变的技术
综合技术属性和效应的角度	G. S. Day 等[11];S. Cozzens 等[19];李仕明等[20];D. Rotolo 等[10];徐建国等[8];曹艺文等[21]	• 基于科学的创新,具有创造新产业或改造旧产业的潜力 • 快速增长、新颖性、未开发的市场潜力和高科技基础 • 建立在多学科发展基础上,具有潜在产业前景和高度不确定性,正在涌现并可能导致产业等变革 • 激进的新颖性、相对快速的增长、连贯性、突出的影响、不确定性和模糊性 • 知识生产过程中产生的相对快速发展的根本性创新技术,具有影响未来经济和社会发展的潜力 • 可能会对市场格局和行业发展产生持续性影响,甚至演化成改变已有技术范式和技术轨迹的突破性创新,也可能仅是昙花一现

截至目前,新兴技术虽未达成统一的概念,但以上定义都主要着眼于“新”和“兴”两个字,体现出新兴技术的本质特征:新颖性、增长性、持续性、社区性、影响性和不确定性[10]。其中,新颖性、快速增长性和影响性是学者们进行新兴技术识别的关键特征。近年来,学者也会纳入其他特征来进行综合判断。

新兴技术的出现受到技术、市场、经济、人才等多因素影响,可能源于从 0 到 1 的重大科技突破,也可能源于已有技术的重组或应用。在新兴技术的发展过程中,会发生科学或者技术的动态关联,也就是说,随着时间的演进,实体间以共现、引用、相似度或其他方式产生关联,形成的关联网络动态扩展,在一定程度上可以代表知识的流动与扩散,从而衍生新兴技术。因此,新兴技术往往是以复杂网络的形式呈现,在新兴技术识别中引入网络分析的思想,通过融合路径权重、节点特征等信息,可以帮助识别新兴技术。同时,网络分析等方法的发展为开展新兴技术识别工作提供了分析工具的支持。

3 基于关系网络的新兴技术识别方法

从广义概念来看,新兴技术识别是技术预测的其中一个研究问题。技术预测是描述一项技术在未来某个时候的产生、表现、特征或影响的系统过程[22];新兴技术识别则是依据技术发展的基本原理以及科学的方法,探测哪些技术是新兴的,以此为技术创新决策提供支持。新兴技术预测既可以是对某个技术领域内的新兴技术识别,也可以是对某类特定技术的演化轨迹刻画与趋势分析[23]。

研究者通过构建网络进行新兴技术识别和预测研究,结合新兴技术的特征、数据外部特征、网络结构特征等,建立新兴技术识别指标体系,并以某一领域为例进行实证研究,验证指标体系和方法的有效性。目前这种框架被国内外学者广泛地应用于新兴技术的识别工作中,如图 1 所示:

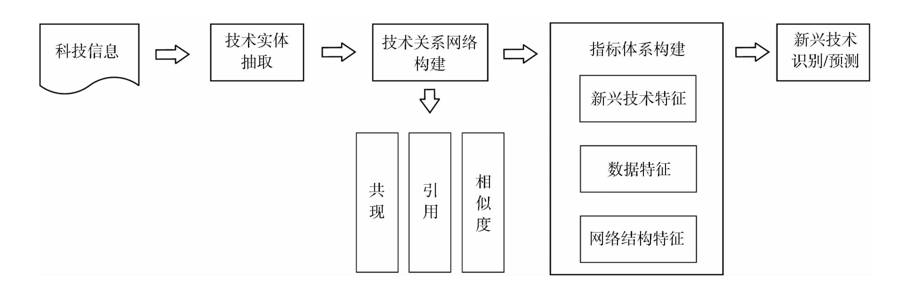


图 1　新兴技术识别框架

其中,如何用适当的实体、关系来表示待分析的技术关系网络是一个重要问题[9]。网络的节点可以是技术文档、主题或关键词等不同粒度的实体,也可以是文献专利分类代码、发明人/作者或机构等不同类型的实体。节点间的连边表示了实体间的关联方式,连边权重反映不同主题之间的关联程度。由于节点的粒度或类型较为丰富且易操控,本文以节点间的关系为划分依据,将技术关系网络分为:引用关系网络(包括引用、共被引、耦合关系)、共现关系网络、相似度关系网络等。在此基础上,选用合适的方法综合分析关系网络,以更准确地识别新兴技术。

3.1　基于引用关系网络的新兴技术识别方法

科技文献之间的引用关系直观展现了它们之间的知识关联关系,通过分析引用关系网络,并结合时序分析,可以用来识别和预测新兴技术[24](见表 2)。实体间的引用关系主要包括:直接引用(Direct citation)关系、耦合(Coupling)关系、共被引(Co-citation)关系。

在引文方法中,假定施引论文和被引的论文具有类似的研究主题,通过对引用关系网络进行聚类得到研究主题,并结合评价指标识别新兴技术主题是一种常见的方法。其中,共被引网络分析方法起源已久,H. Small 等[25]利用共被引关系网络聚类分析得到文献簇,揭示科学领域内的“高水平活动”。C. Chen[26]将突发词检测整合到 CiteSpace 工具中,用以检测术语和共被引论文簇构成的异质网络中的新兴主题趋势。H. Small[27]在三个连续时间切片对论文共引网络进行多次聚类,测度研究领域的出现和发展,并预测其近期变化。

关于直接引用网络聚类分析的方法,Y. Kajikawa 等[28]对论文引用网络中的最大连通子图进行拓扑聚类,计算每个集群的平均出版年份以追踪能源研究中的新兴技术,帮助政策制定者和研发管理人员进行技术创新投资。同年,Y. Kajikawa 等[29]基于该方法,并通过计算集群中论文的平均被引次数测度集群的影响力,识别生物质和生物燃料领域的新兴技术,为科学技术领域的发展提出建议。该作者所在团队的 N. Shibata 等改进了上述方法,通过分析每个集群的平均年龄和父子关系发现新兴趋势,并采用拓扑度量(集群度和参与系数)探测是否存在新兴集群,对氮化镓和复杂网络[30]以及再生医学领域[31]等多个领域进行了实证研究。H. Small 等[13]将共引用和直接引用聚类方法相结合,形成用于检测新兴主题的大规模数据集。Y. Zhou 等[32]从技术融合的视角,构建生物技术和信息技术领域间的论文引用网络,使用 CDA 软件集成的 Newman 拓扑聚类算法将引文网络划分为不同的集群,采用 LDA 算法分析融合聚类的主题。

O. Kuusi 和 M. Meyer[33]认为专利耦合分析相比共引分析具备更强的时效性,适用于预测技术突破。李蓓和陈向东[34]提出专利引用耦合聚类分析是识别新兴技术的重要方法,以美国专利商标局授权数据库为数据源,计算纳米专利间的耦合强度并进行聚类分析,对各个类的授权时间、增长率和权利要求项数综合分析识别出新兴技术。

近年来,引文网络分析方法在新兴技术识别方面得到了广泛的应用,学者们还把复杂网络分析方法、主路径分析方法、遗传模型等引入技术识别中,与引文网络分析方法结合做出新的演绎。T. S. Cho 和 H. Y. Shih[35]对 1997－2008 年间的专利进行引用网络分析,采用结构洞指标以识别新兴技术。J. C. Ho 等[36]在论文引用网络中采用主路径分析来确定燃料电池技术的最新发展趋势以及相关技术障碍和突破性解决方案,并通过论文增长曲线分析来预测燃料电池技术的生命周期阶段。S. Zhang 和 F. Han[37]基于专利直接引用聚类结果识别技术的新颖性,采用遗传模型计算专利的影响力,选择同时满足两个条件的聚类作为太阳能光伏领域的新兴主题。H. Xu 等[38]认为一个主题对社区网络的影响程度越大,表明该主题的不确定性和模糊性越小,因此通过分析主题在不同时间段的引用网络中的地位变化,作为新兴研究主题不确定性和模糊性的测度指标。但该研究仅采用网络节点的拓

扑结构检测不确定性，不确定性降低的实际评估远比拓扑分析复杂，通常受更多因素（如政策、道德和机会）的影响。

表 2 引用网络下新兴技术识别方法

研究文献	研究问题	网络节点	网络关系	方法
Y. Kajikawa、N. Shibata、Y. Takeda 等[28-31,39]	使用引用网络分析跟踪科技文献中的新兴研究领域	论文	直接引用	Newman 拓扑聚类、平均年龄和父子关系、拓扑度量（集群度、参与系数）
H. Small 等[13]	把独立运行的两种基于引用的方法（直接引用聚类和共引线程）组合在一起，以识别科学和技术领域的新兴话题	论文	混合（直接引用+共被引）	聚类、新兴潜力函数
Y. Zhou 等[32]	通过引用网络揭示科学知识的融合过程以预测新兴技术	论文	直接引用	FN 算法聚类，隐含狄利克雷分布（LDA），可视化
O. Kuusi 和 M. Meyer[33]、李蓓等[34]	基于专利引用耦合聚类的新兴技术识别模型及指标体系，对纳米技术领域进行实证分析	专利	耦合	聚类分析，指标体系，自然语言处理
T. S. Cho 和 H. Y. Shih[35]	分析专利引用网络，采用网络指标以识别新兴技术	国际专利分类（IPC）	直接引用	网络指标（中心度、结构洞）
J. C. Ho 等[36]	对引用网络进行主路径分析，确定燃料电池技术的最新发展趋势	论文	直接引用	主路径分析

以上基于引用关系网络的新兴技术识别研究，其常见的技术路线是对引用网络进行聚类，识别技术主题，建立单维或多维指标识别新兴技术，利用数量预测新兴技术的发展趋势。该方法被广泛使用，但仍存在一些潜在问题。首先，这种方法存在时间上的滞后性，专利或文献的被引次数与其发表的时长有关。基于引用关系的方法探寻出来的结果更趋于热点（Emerged）技术而非新兴（Emerging）技术。对于“Emerging”的技术，与其相关的专利或论文可能数量上较少，时间上较新，被引频次相对较低，单一的引用关系较难捕捉和衡量新兴技术。此外，目前多数引用分析仅考虑引用关系或引用频次，较少考虑论文或专利文献之间的文本关系，没有全面利用文献特征来更有效地识别新兴技术。

3.2 基于共现关系网络的新兴技术识别方法

基于实体间的共现关系，以实体为节点、实体共现强度为边权构建共现关系网络，在此基础上结合共现网络聚类、社会网络分析、神经网络等方法进行新兴技术识别（见表 3）。

从文本内容的角度出发，通过分析技术术语或关键词等共现关系网络，可以发现新兴技术。R. L. Ohniwa 等[40]提出一种识别生命科学领域中新兴主题的方法，根据 PubMed 上的 MeSH 术语出现的增长率筛选出关键词，通过共词网络分析将其归类为多个主题，将这些主题定义为“新兴主题”，并进一步研究不同时期关键词共词网络间的聚类系数的差异。W. H. Lee[41]认为理解数据的特征是探测新技术的第一步，是否能找到网络的中心取决于数据是否具有无标度网络的性质，基于共词网络聚类结果，计算集群的点度中心性、中介中心性和接近中心性，以此推断新技术。Y. G. Kim 等[42]基于专利文献挖掘技术关键词，通过关键词共现构建语义层次网络，并根据语义网络中每个关键词节点的最早申请日期和在专利文献中的出现频率，重新排列语义网络的每个关键词节点形成专利地图，进而发现和预测新兴技术。方曙等[43]认为 Y. G. Kim 的方法具有操作简单、解读清晰、主题凝练充分等优点，但存在循环论证之嫌、选定的关键词数量有限、关键词 - 专利文档存在矩阵的赋值方式过于简单化、K 均值聚类算法（K-Means）需要事先确定聚类的数目等不足。

部分学者打破单一的关键词聚类方法，提出了共现网络分析的改进思路。为了有效地从共词网络的时间序列中映射新兴的研究趋势，M. Katsurai 和 S. Ono[44]提出 TrendNets 方法，寻找快速增长的主题，而不只是受欢迎的主题，即将各个时间段的共词网络转换成单个矩阵，再将其分解为平滑部分和稀疏部分：前者代表静止词，而后者对应于突发词，采用 Louvain 方法对突发词进行聚类并可视化。J. Yoon 等[45]基于共现矩阵构建网络，采用斯坦福依存解析器提取形容词、动词所描述的属性和功能，然后使用社会网络分析法进一步解释发明属性-功能网络（IPFN）中指标的技术含义。N. Choudhury 等[46]认为现有方法集中在识别文献中的关键词之间的隐含关系，而非预测尚未出现的关系，于是提出了一种基于关键词共现网络的动态递归神经网络的方法来预测新兴趋势。L. Huang 等[47]构建动态共词网络，以术语共现频次为连边权重，

表 3　共现网络下新兴技术识别方法

研究文献	研究问题	节点	关系强度	方法
W. H. Lee[41]	通过共词分析来揭示信息安全领域中的新兴研究主题	关键词	皮尔逊(Pearson)相关系数	聚类，知识图谱，社会网络分析
Y. G. Kim 等[42]	基于语义专利分析的可视化方法预测新兴技术	关键词	/	聚类，关键词语义网络，专利地图
F. Dotsika 和 A. Watkins[52]	提出以文献为依据的破坏性技术领域内新兴技术的预测方法	关键词	共现频率	关键词网络分析，可视化
J. Yoon 等[45]	构建属性功能网络，通过分析小型且高度密集的子网识别技术创新趋势	专利	共现频率	自然语言处理，共词分析，社会网络分析
N. Choudhury 等[46]	基于动态递归神经网络的方法来预测新兴趋势	关键词	归一化指数	知识图谱，文献计量学，关键字共现网络，递归神经网络
黄璐等[51]	构建动态预测新兴技术发展网络的方法体系，并围绕新颖性与影响力两个维度识别新兴技术主题	技术术语	共现余弦指数	链路预测，神经网络，指标分析
刘俊婉等[50]	通过链路预测对新兴主题关联机会进行预测	技术主题	文献－主题概率分布	LDA 主题模型，链路预测
王凌燕等[15]	利用专利文献提出识别新兴技术主题的初步技术框架	技术主题	/	聚类、共词战略坐标分析、共词网络分析

采用反向传播神经网络算法预测未来的网络链接，最后从新颖性、增长性、一致性和影响力探测新兴主题。

国内学者也开展了相关研究，黄鲁成等[48]、王凌燕等[15]、张维冲等[49]构建主题词共现网络识别新兴技术主题以及发展趋势。刘俊婉等[50]构建无向加权共现网络，利用 AUC(Area Under ROC Curve)指标及变异系数检验链路预测算法各指标准确性，最终选取 AA(Adamic-Adar)指标对未来可能产生关联的新兴主题进行预测。学者们采用了不同的实体共现强度计算方法，比较直接的方法是根据共现频次来计算。部分学者在共现频次的基础上做了进一步处理，例如，黄璐等[51]将共现频次进一步转化为共现余弦指数，刘俊婉等[50]用“文献－主题”概率分布计算主题间共现强度。

以上基于共现关系网络的新兴技术识别研究，利用关键词、技术术语或主题构建共现关系网络，通过指标分析、社会网络分析、复杂网络分析和神经网络算法等方法识别新兴技术。然而，这种方法也存在有待改进的地方。首先，多数研究忽略了共现关系强度或采用简单的共现频次，缺乏对实体之间语义关系和关系强度的揭示。其次，在对关键词共现网络聚类分析时，大多选取簇中的高频词来代表聚类结果，这些方法简单直接，但单纯对高频词的统计分析忽略了对词语本身发展变化的关注，一些非高频词或者突发词也有可能代表着新兴技术，却因未达到频次筛选标准被忽略，导致分析结果不够深入，难以有效揭示领域的新兴技术。

3.3　基于相似度关系网络的新兴技术识别方法

在本文中，相似度关系网络是指以节点间的相似度关系为连边的网络。网络的节点可以具有不同粒度，例如以主题、文档、句子或关键词等作为节点（见表4）。在构建相似度网络关系时，文本相似度是常用的方法，首先将节点文本转为向量表示，然后计算向量之间的相似度；也有一些研究基于节点已有关系（如引文关系）构建向量进一步计算相似度关系。

利用相似度网络关系来分析新兴技术时，网络节点的文本特征构建方法有：词频、词频－逆文档频率(TF-IDF)、词向量、句向量等，相似度计算方法有欧式距离、余弦距离等。B. Yoon 和 Y. Park[53]用每篇专利文档的 k 个高频关键词的出现次数构成专利向量，计算两两专利间的欧式距离，并设置阈值，以得到清晰的网络结构，最后结合技术中心指数、技术周期指数和技术关键词簇定量指标，深入分析高新技术的最新趋势。T. Furukawa 等[54]选择 TF-IDF 作为文档向量，构建基于余弦相似度的会议论文时序网络，以此分析新兴技术的演化过程。也有学者通过计算文档中句子结构的相似性来计算文档相似度，J. Yoon 和 K. Kim[55]从专利文本中提取主谓宾(SAO)结构，通过计算 SAO 结构之间的语义句子相似度获得专利相似性矩阵，并对专利相似度矩阵进行可视化构建专利网络，基于节点度、集群密度和技术影响指数检测包含最新技术的集群。随着自然语言处理技术的发展，文本向量化方法也更加丰富。孔德婧等[56]首先使用 BERT 将专利文本向量化，构建专利语义相似度网络，识别出网络中的离群点作为备选新兴技术；其次，使用 DNN 模型学习离群专利的各项指标与技术影响力大小之间的关联关系；最后，利用该关系模型预测当前年份的离群专利未来的技术影响力，发掘在当前未被关注而在未来可能产生

巨大影响的离群专利,从而预测新兴技术。

一些研究在节点已有共现或引用等关系基础上,通过计算网络节点间的相似度关系筛选离群点,这些离群点可能具有新颖性,以此发现新兴技术。K. Song 等[57]从专利引用耦合网络中通过相似度进行聚类,得到离群专利作为候选新兴技术,再通过技术特征指标和市场特征指标识别出具有发展潜力的新兴技术。这种方法为评估近期几乎没有引用信息的专利的价值提供了新的思路。Y. Zhou 等[58]通过对专利引用耦合矩阵应用余弦相似度来计算专利之间的相似性,将专利网络中的离群专利确定为候选新兴技术,再结合专利的技术影响评估和网站文章的社会影响评估,开发一种基于深度学习的新兴技术识别框架。也有研究进一步计算相似度以预测新兴技术的演化关系。P. Erdi 等[59]将专利之间的相似度定义为其引用向量的欧几里德距离,并应用聚类算法识别专利集群和探测集群结构的时间变化。

表 4 相似度网络下新兴技术识别方法

研究文献	研究问题	节点	关系	方法
B. Yoon 和 Y. Park[53]	计算专利间的相似度,并结合指标深入分析高新技术的最新趋势	专利向量	欧式距离	相似度分析,构建技术中心指数,技术周期指数和技术关键词簇定量指标
T. Furukawa 等[54]	使用文本挖掘技术分析论文集和会议记录,分析新兴技术的演化过程	会议论文向量	余弦相似度	TF-IDF,结合覆盖范围、数据、链接和稳定性指标
J. Yoon 和 K. Kim[55]	使用基于 SAO 结构语义专利网络检测最新技术的集群	专利 SAO 结构	Resnik 相似度、匹配平均值	SAO 结构,相似度分析,网络可视化
孔德婧等[56]	构建专利语义相似度网络,识别网络中的离群点作为备选新兴技术,使用 DNN 模型学习离群专利的指标与技术影响力大小之间的关系,利用该关系模型预测新兴技术	专利向量	余弦相似度	BERT 文本向量化,DNN 模型
K. Song 等[57]	对专利引用耦合网络通过相似度进行聚类,得到离群专利作为候选新兴技术,通过技术特征指标和市场特征指标识别新兴技术	专利	基于耦合的余弦相似度	聚类,指标分析
Y. Zhou 等[58]	结合专利的技术影响和网站文章的社会影响,开发深度学习框架用于识别大范围离群专利中的新兴技术	专利	基于耦合的余弦相似度	异常检测(相似度分析),指标分析,深度学习
P. Erdi 等[59]	基于引用向量计算相似性度量,采用聚类算法预测新技术集群	专利引用向量	直接引用	定义引用向量,凝聚法分层聚类(WARD)

基于相似度关系的相关研究主要采用 SAO 结构、TF-IDF 算法、LDA 主题模型、BERT 模型等进行文本表示,使用余弦相似度等方法对文本的语义层面进行距离或相似度度量,结合指标分析、机器学习、深度学习和可视化等方法进行新兴技术识别。虽然基于语义的相似度计算方法更加精确,可以准确拟合出复杂指标与结果之间的关系,然而存在运算效率低、解释性弱,无法深入挖掘各指标对结果的影响机制等问题。单纯的低相似度关系也不能完全证明是新兴技术,基于语义分析的新兴技术识别需要进一步深入研究,弥补外部特征在语义表达方面的不足,进一步提升新兴技术识别的准确性。

4 网络视角下新兴技术识别述评

上述三类基于关系网络的新兴技术识别方法,确定网络节点、构建网络关系、网络分析方法与指标是其中的重要环节,因此本文从相对应的多源节点、多元关系、多维指标三个方面总结现有研究,并提出改进建议。

4.1 多源数据节点

文献调研发现,新兴技术识别的网络节点多局限于论文和专利数据,在大多数情况下,采用单一数据作为研究对象,对基金等其他数据关注较少。新兴技术包含了时间和技术两个维度的内容,而论文和专利文献信息的及时性、全面性、持续性、新颖性、创新性等特征可覆盖新兴技术的基本特征[15],因此论文和专利数据也成为新兴技术识别研究中最常见的数据类型。

但由于新兴技术具有较高的不确定性和模糊性,单一数据分析可能不足以了解技术产生、扩散和演化的整个周期。因此,学者们开始关注利用多源异构数据进行新兴技术识别,通过对不同来源、不同类型、不同结构的信息进行综合分析、交叉验证,保证识别结果的有效性。例如,张浩[60]将学术论文、专利数据、商业数据进行数据融合研究,来提升技术预测的效果;张维冲等[49]基于专利、期刊论文、学位论文、会议论文、图书、基金项目、行业报告 7 种不同的科技文献类型,提出了基于摘要的主题解析方法,从多源异构文本中获

取主题词,进行数据融合与主题关联分析,并以区块链技术为例进行验证,如表5所示:

表5 新兴技术识别的数据源

数据组合	数据类型	研究领域	代表性研究	数据来源
单一数据源	论文	机器人、生物、干细胞领域	董放等[61] 党倩娜等[62] 曹艺文等[21]	Web of Science 数据库
	专利	纳米领域、图像识别、纳米载药	李蓓等[34] 罗建等[63] 宋欣娜等[64]	美专局专利授权数据库 Orbit 专利数据库 德温特专利数据库
	基金	石墨烯领域、人工智能	李静等[65] 李荣等[66]	美国国家科学基金会、欧盟地平线2020计划、英国国家科研与创新署与英国工程与自然研究理事会
多源数据	论文、专利	机器人、电动汽车	周源等[67] 任智军等[68]	Web of Science 数据库、Thomson Innovation 专利数据库、万方数据库和中国国家知识产权局专利检索系统
	专利、论文、舆情	智能网联汽车	唐恒等[69]	Incopat 数据库、CNKI、CSDN 博客
	专利、论文、图书、基金项目、行业报告	区块链技术	张维冲等[49]	大为 innojoy 专利搜索引擎、CNKI、国家图书馆馆藏目录查询系统、自然科学基金查询 LetPub 系统、中文互联网数据资讯中心

虽然已有研究尝试综合不同类型的科技文献数据进行新兴技术识别,但由于异构数据在文本结构形式与外在属性特征上存在差异,现有研究在利用多源数据进行新兴技术识别方面稍显欠缺,尤其是通过多源网络分析探究不同类型数据间的关系,从而识别新兴技术。此外,数据的及时性对于新兴技术识别来说至关重要,例如知识生成与出版和传播日期之间可能存在很大的延迟,仍然是一个令人关切的问题。

4.2 多元网络关系

实体之间具有不同的关联方式,因此网络构建方法不同,同时网络中节点之间的连边权重反映不同主题之间的关联程度。网络中实体间的关联方式主要有引用关系、共现关系、相似度关系等(见表6)。

基于引用关系的新兴技术识别方法是关系网络视角下最常见的方法。引用关系直观地展现实体间发生的知识交流活动,通过时序网络间的技术聚类演化过程特征来判定技术的发展趋势,如技术簇的出现、融合、分裂、衰减等,与其他两种网络相比具有更好的解释力。该方法多以论文为节点,以引用关系为连边构建无权有向网络,跳出了共现关系网络和相似度关系网络所面对的微小知识单元。但该方法存在引用滞后性问题,节点表示粒度较粗,且缺乏融合文献语义特征构建加权网络以更准确地识别新兴技术。

相比引用关系网络,共现关系网络弥补了其时间滞后问题和忽略文本内容特征的不足。共现关系可以看作为一种横向的实体关联,可以发现交叉学科领域的新兴技术。基于共现关系的新兴技术识别方法多以关键词、术语或主题为节点,以共现关系为连边构建无向加权网络,相比引用关系网络,节点的粒度更细,更加注重实体间的语义关系。但同时该方法对节点单元的确定(关键词的选择、主题抽取结果)、共现关系强度计算方法具有较强的敏感性,共现网络聚类结果不明确也会对新兴技术识别结果产生较大影响。

基于相似度关系的新兴技术识别方法多以文本向量为节点,以相似度关系为连边构建无向加权网络,其中文本向量化表示方法丰富多样,根据粒度大小不同分为字、词、句子或篇章等层次。该方法利用文本挖掘算法,从不同粒度剖析文本内部的语义信息,弥补了引用分析、关键词分析在语义关联上的不足,结合时序关联描述技术演化关系。这种方法更好地面向预测场景,通过将新兴技术识别问题转化为寻找能够有效代表新兴技术特征的维度并在此基础上构建模型的问题,从而更具前瞻性地预测新兴技术的涌现[9]。

表6 基于关系网络的新兴技术识别方法

关系	特点	适用场景
引用关系	常应用聚类方法识别技术主题,利用数量趋势进行预测,但存在时间滞后性,专利或论文等文本之间的内部关系较为欠缺	最常见的基于网络科学的新兴技术识别方法,纵向的知识流动,刻画了技术的发展路径
共现关系	多以术语或关键词为节点,相比共现关系,在技术主题语义表达方面更细粒度;避免了引用关系的时间积累局限,便于早期识别新兴主题	横向的知识关联,发现交叉学科领域的新兴技术
相似度关系	利用文本挖掘方法,从不同粒度剖析文本内部的语义信息,弥补了引用分析、关键词分析在语义关联上的缺失,结合时序关联描述技术演化关系	以低相似度关系或在已有关系基础上计算相似度预测新兴技术的演化关系

本文从引用、共现、相似度关系网络角度对当前新兴技术识别的研究方法进行梳理总结,发现早期的研究多是基于引用关系网络,之后为克服引文方法的缺陷逐渐发展了共现关系和相似度关系网络。现有研究仍以单一关系为主,而且在分析网络以从中识别新兴技术时思路较为相似,多采用网络聚类分析方法,结合数据外部特征分析技术主题的新兴和发展。此外,在结果解读方面,复杂的网络关系可能无法提供有关技术领域的直观见解,仍需专家解读。因此,如何构建多元关系网络,又采用何种手段从网络中挖掘其中的新兴技术,以及如何提高复杂网络的可解读性,是未来需要解决的重点问题。

4.3 多维指标体系

综合分析现有的指标体系,主要包括文献计量学指标和网络特征指标两个方面,如表 7 所示:

表 7 新兴技术识别指标和特征

指标类型	具体指标	特征
文献计量学指标	论文:论文数量、期刊数量、作者数量、被引频次以及增长率等	技术的创新性、新颖性、相对增长性、影响性、持续性与集聚性等
	专利:专利数量、IPC 类别、专利家族平均成员数、被引频次以及增长率等	
	基金:基金数量、资助金额、开始日期及结束日期等	
网络特征指标	网络节点度值、网络中心性、网络聚集系数、相似性指标等	技术的新颖性、影响性、持续性等

文献计量学指标重点关注技术的发展状态和潜在的发展趋势,目前文献计量学指标主要考量了新兴技术的创新性、新颖性、相对增长性、影响性与延续性,具体指标包括各个主题的词频变化率,论文数量、期刊数量、基金数量、作者数量、被引频次以及增长率等。有学者进一步采用多指标融合测度,如主题演化偏离度,即利用主题发文量、主题被引频次、主题生存周期计算主题新颖度和主题强度,取两者综合曲线焦点,可以反映主题的“新”与“兴”[70];如新兴分数(EScore),筛选符合持久性、新颖性、增长性、社区性和范围性标准的候选词,综合计算 EScore,形成识别新兴技术的一套指标[71]。一些特殊的文献计量学指标体现了不同类型数据所独有的内外部文本特征,例如专利数据具有 IPC、专利家族成员等特征,分别采用 IPC 类别数和专利家族平均成员数表征技术创新性和影响性[63]。此外,基金项目具有独特的资助金额、开始日期及结束日期等特征。

网络特征指标则指利用技术主题关系网络的节点特征、连边特征或整体结构特征,包括网络节点的平均度值[15]、中心性分析(度中心性、接近中心性、中介中心性)[41]、网络密度[45]、网络聚集系数[15]等。例如,针对持续性,判定方法主要是测量网络中的关键词或作者在子群结构上是否存在局部密集及熵增的趋势[9]。黄璐等[51]认为技术主题影响力体现了该技术在整个技术网络中的重要程度,选取了网络中心性指标 PageRank 指标测度技术主题的影响力。T. S. Cho 和 H. Y. Shih[35]认为具有结构洞的专利类,其通常是子组之间的重叠专利类别,具有大量的技术流动机会和重要的技术位置,因此通过测量结构洞来识别 IPC 类别中的潜在新兴技术。

总体来看,目前已有的指标体系主要以新兴技术的特征为依据进行技术识别和预测,文献计量学指标多利用论文、专利等统计数据,建立在文献计量、专利分析等情报研究方法基础上。网络结构特征指标的研究相对而言较少,这类指标的可解释性不如文献计量学指标,在利用网络结构特征和属性等去挖掘新兴技术方面仍有较大的探索空间。大多研究仅基于文献外部特征的单维分析,单一测度指标可能不能准确地识别出新兴技术,并且在识别过程中常常过度依赖专家判断。此外,现有的指标体系是针对不同的领域和数据类型提出,所以新兴技术测度指标体系各不相同,表现出对新兴技术的测度不统一,导致指标体系主观性较强,是否科学和合理有待进一步验证。例如有的强调高关注度、影响力,忽略了时间上的新,对新兴技术本身的创新性分析不足;有些指标在新兴技术早期难以测度,如通过引用频次测度影响力会造成此类偏差。

4.4 新兴技术识别方法展望

近年来,基于关系网络的新兴技术识别研究产生了多项成果,但随着新兴技术关系复杂性的增加,目前该领域的研究依然存在可进一步改进的空间,具体如下:

首先,未来可考虑融合多种反映或影响新兴技术形成和发展的数据源,包括论文、专利、基金项目、政策、商业(行业报告等)、媒体舆情(新闻、社交工具等)

等。在构建多源数据网络时,采用 Node2vec、BERT 等向量表示方法将多源异构数据同构化,转化成文档或主题粒度的实体作为关系网络的节点。其次,可利用实体间的引用、共现、相似等多元关系构建动态关系网络。再次,可将不同数据源分别构建的关系网络,借鉴知识网络中对齐方法进行网络融合,并把数据特征融入网络的节点或连边的权重中。最后,采用复杂网络分析、机器学习、图神经网络等算法挖掘关系网络,抓住新兴技术的概念和特征,理解新兴技术的涌现过程和形成机制,更有效地开展新兴技术识别和预测。

也就是说,将论文、专利、基金等多源异构数据转化表示为合适粒度的实体作为网络节点,基于引用、共现、相似关系等构建动态多元关系网络,综合数据特征、技术特征和网络结构特征进行网络融合分析,即分别从数据层、关系层、网络层进行融合,有效提升新兴技术识别的准确性。如图 2 所示:

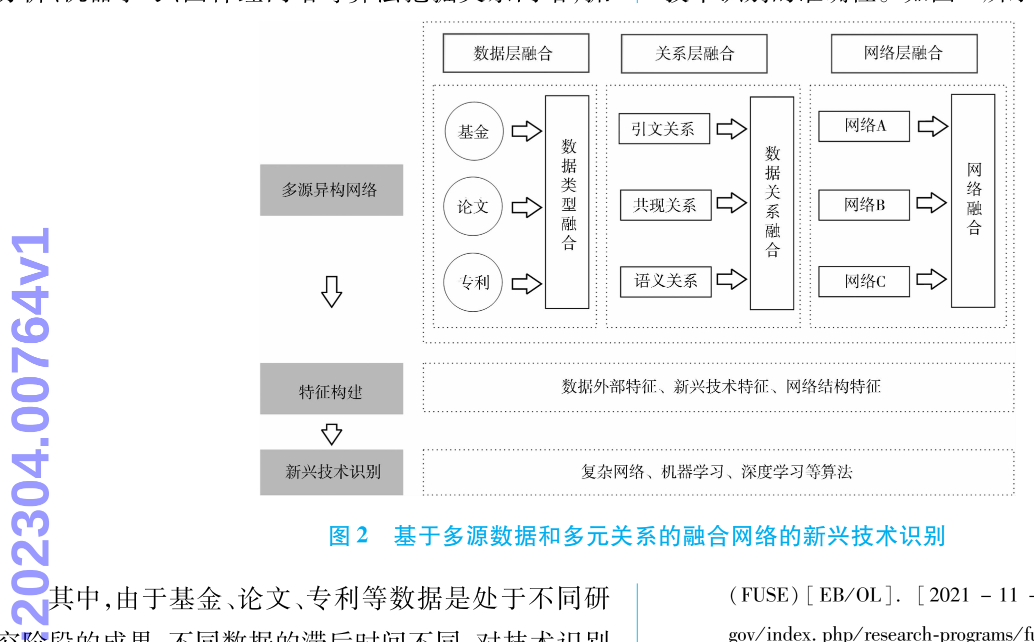


图 2 基于多源数据和多元关系的融合网络的新兴技术识别

其中,由于基金、论文、专利等数据是处于不同研究阶段的成果,不同数据的滞后时间不同,对技术识别的贡献度和贡献方向不同,同时同一概念术语在论文和专利等数据中的表达方式不同,在基于多源数据或多元关系融合网络开展新兴技术识别时,还要尤其注意上述问题。此外,对于不同的技术领域,方法的可扩展性可能有所欠缺,可进一步进行国际比较或行业间比较分析。

5 结语

通过对国内外网络视角下的新兴技术识别研究的梳理,本文将基于关系网络的新兴技术识别研究分为基于引用关系、基于共现关系、基于相似度关系三类,并分别从网络节点、网络关系、指标体系等方面分析了现有研究的特点与问题。未来在明确新兴技术的内涵特性和发展过程的基础上,可以借助深度学习、自然语言处理等技术手段,有效融合论文、专利和基金等多源异构文本内容,构建动态多元关系融合网络,在新兴技术识别方面做出新的突破。

参考文献:

[1] IARPA. Foresightand understanding from scientific exposition (FUSE)[EB/OL]. [2021-11-10]. https://www.iarpa.gov/index.php/research-programs/fuse.

[2] SCHIEBEL E, HOERLESBERGER M, ROCHE I, et al. An advanced diffusion model to identify emergent research issues: the case of optoelectronic devices[J]. Scientometrics, 2010, 83(3): 765-781.

[3] REDING D F, EATON J. Science & technology trends: 2020-2040[R]. Brussels: NATO Science & Technology Organization, 2020.

[4] 侯剑华, 王鹏. 国内新兴技术及其管理研究综述[J]. 科学管理研究, 2012, 30(6): 29-32.

[5] 周萌, 朱相丽. 新兴技术概念辨析及其识别方法研究进展[J]. 情报理论与实践, 2019, 42(10): 162-169.

[6] 王玏, 吴新年. 新兴技术识别方法研究综述[J]. 图书情报工作, 2020, 64(4): 125-135.

[7] 刘小玲, 谭宗颖. 新兴技术主题识别方法研究进展[J]. 图书情报工作, 2020, 64(11): 145-152.

[8] 徐建国, 李孟军, 游翰霖. 新兴技术识别研究进展[J]. 情报杂志, 2018, 37(12): 8-12, 7.

[9] 卢小宾, 杨冠灿, 徐硕, 等. 计量与演化视角下的新兴技术识别研究进展评述[J]. 情报学报, 2020, 39(6): 651-661.

[10] ROTOLO D, HICKS D, MARTIN B R. What is an emerging technology? [J]. Research policy, 2015, 44(10): 1827-1843.

[11] DAY G S, SCHOEMAKER P J H. Avoiding the pitfalls of emerging technologies[J]. California management review, 2000, 42

(2): 8 -33.
[12] 华宏鸣, 郑绍濂. 高新技术管理[M]. 上海: 复旦大学出版社, 1995.
[13] SMALL H, BOYACK K W, KLAVANS R. Identifying emerging topics in science and technology[J]. Research policy, 2014, 43(8): 1450 -1467.
[14] BREITZMAN A, THOMAS P. The emerging clusters model: a tool for identifying emerging technologies across multiple patent systems[J]. Research policy, 2015, 44(1): 195 -205.
[15] 王凌燕, 方曙, 季培培. 利用专利文献识别新兴技术主题的技术框架研究[J]. 图书情报工作, 2011, 55(18): 74 -78, 23.
[16] ALEXANDER J, CHASE J, NEWMAN N, et al. Emergence as a conceptual framework for understanding scientific and technological progress[C]//2012 proceedings of PICMET'12: technology management for emerging technologies. New York: IEEE, 2012: 1286 -1292.
[17] PORTER A L, ROESSNER J D, JIN X Y, et al. Measuring national 'emerging technology' capabilities[J]. Science and public policy, 2002, 29(3): 189 -200.
[18] HALAWEH M. Emerging technology: what is it[J]. Journal of technology management & innovation, 2013, 8(3): 108 -115.
[19] COZZENS S, GATCHAIR S, KANG J, et al. Emerging technologies: quantitative identification and measurement[J]. Technology analysis & strategic management, 2010, 22(3): 361 -376.
[20] 李仕明, 李平, 肖磊. 新兴技术变革及其战略资源观[J]. 管理学报, 2005(3): 304 -306, 361.
[21] 曹艺文, 许海云, 武华维, 等. 基于引文曲线拟合的新兴技术主题的突破性预测——以干细胞领域为例[J]. 图书情报工作, 2020, 64(5): 100 -113.
[22] PORTER A L. Technology futures analysis: toward integration of the field and new methods[J]. Technological forecasting and social change, 2004, 71(3): 287 -303.
[23] 汪雪锋, 张硕, 韩晓彤, 等. 技术预测研究现状与未来展望[J]. 农业图书情报, 2019, 31(6): 4 -11.
[24] 李欣, 王静静, 杨梓, 等. 基于SAO结构语义分析的新兴技术识别研究[J]. 情报杂志, 2016, 35(3): 80 -84.
[25] SMALL H, GRIFFITH B C. The structure of scientific literatures I: identifying and graphing specialties[J]. Science studies, 1974, 4(1): 17 -40.
[26] CHEN C. Citespace II: detecting and visualizing emerging trends and transient patterns in scientific literature[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2006, 57(3): 359 -377.
[27] SMALL H. Tracking and predicting growth areas in science[J]. Scientometrics, 2006, 68(3): 595 -610.
[28] KAJIKAWA Y, YOSHIKAWA J, TAKEDA Y, et al. Tracking emerging technologies in energy research: toward a roadmap for sustainable energy[J]. Technological forecasting and social change, 2008, 75(6): 771 -782.
[29] KAJIKAWA Y, TAKEDA Y. Structure of research on biomass and bio-fuels: a citation-based approach[J]. Technological forecasting and social change, 2008, 75(9): 1349 -1359.
[30] SHIBATA N, KAJIKAWA Y, TAKEDA Y, et al. Detecting emerging research fronts based on topological measures in citation networks of scientific publications[J]. Technovation, 2008, 28(11): 758 -775.
[31] SHIBATA N, KAJIKAWA Y, TAKEDA Y, et al. Detecting emerging research fronts in regenerative medicine by the citation network analysis of scientific publications[J]. Technological forecasting and social change, 2011, 78(2): 274 -282.
[32] ZHOU Y, DONG F, KONG D, et al. Unfolding the convergence process of scientific knowledge for the early identification of emerging technologies[J]. Technological forecasting and social change, 2019, 144: 205 -220.
[33] KUUSI O, MEYER M. Anticipating technological breakthroughs: using bibliographic coupling to explore the nanotubes paradigm[J]. Scientometrics, 2007, 70(3): 759 -777.
[34] 李蓓, 陈向东. 基于专利引用耦合聚类的纳米领域新兴技术识别[J]. 情报杂志, 2015, 34(5): 35 -40.
[35] CHO T S, SHIH H Y. Patent citation network analysis of core and emerging technologies in Taiwan: 1997 -2008[J]. Scientometrics, 2011, 89(3): 795 -811.
[36] HO J C, SAW E C, LU L Y Y, et al. Technological barriers and research trends in fuel cell technologies: a citation network analysis[J]. Technological forecasting and social change, 2014, 82: 66 -79.
[37] ZHANG S, HAN F. Identifying emerging topics in a technological domain[J]. Journal of intelligent & fuzzy systems, 2016, 31(4): 2147 -2157.
[38] XU H, WINNINK J, YUE Z, et al. Multidimensional scientometric indicators for the detection of emerging research topics[J]. Technological forecasting and social change, 2021, 163: 120490.
[39] SHIBATA N, KAJIKAWA Y, SAKATA I. Extracting the commercialization gap between science and technology - case study of a solar cell[J]. Technological forecasting and social change, 2010, 77(7): 1147 -1155.
[40] OHNIWA R L, HIBINO A. Generating process of emerging topics in the life sciences[J]. Scientometrics, 2019, 121(3): 1549 -1561.
[41] LEE W H. How to identify emerging research fields using scientometrics: an example in the field of information security[J]. Scientometrics, 2008, 76(3): 503 -525.
[42] KIM Y G, SUH J H, PARK S C. Visualization of patent analysis

for emerging technology[J]. Expert systems with applications, 2008, 34(3): 1804－1812.

[43] 方曙，胡正银，庞弘燊，等. 基于专利文献的技术演化分析方法研究[J]. 图书情报工作，2011，55(22)：42－46.

[44] KATSURAI M, ONO S. TrendNets: mapping emerging research trends from dynamic co-word networks via sparse representation [J]. Scientometrics, 2019, 121(3): 1583－1598.

[45] YOON J, CHOI S, KIM K. Invention property-function network analysis of patents: a case of silicon-based thin film solar cells[J]. Scientometrics, 2011, 86(3): 687－703.

[46] CHOUDHURY N, FAISAL F, KHUSHI M. Mining temporal evolution of knowledge graphs and genealogical features for literature-based discovery prediction[J]. Journal of informetrics, 2020, 14(3): 101057.

[47] HUANG L, CHEN X, NI X, et al. Tracking the dynamics of co-word networks for emerging topic identification[J]. Technological forecasting and social change, 2021, 170: 120944.

[48] 黄鲁成，唐月强，吴菲菲，等. 基于文献多属性测度的新兴主题识别方法研究[J]. 科学学与科学技术管理，2015，36(2)：34－43.

[49] 张维冲，王芳，赵洪. 多源信息融合用于新兴技术发展趋势识别——以区块链为例[J]. 情报学报，2019，38(11)：1166－1176.

[50] 刘俊婉，龙志昕，王菲菲. 基于LDA主题模型与链路预测的新兴主题关联机会发现研究[J]. 数据分析与知识发现，2019，3(1)：104－117.

[51] 黄璐，朱一鹤，张嶷. 基于加权网络链路预测的新兴技术主题识别研究[J]. 情报学报，2019，38(4)：335－341.

[52] DOTSIKA F, WATKINS A. Identifying potentially disruptive trends by means of keyword network analysis[J]. Technological forecasting and social change, 2017, 119: 114－127.

[53] YOON B, PARK Y. A text-mining-based patent network: analytical tool for high-technology trend[J]. The journal of high technology management research, 2004, 15(1): 37－50.

[54] FURUKAWA T, MORI K, ARINO K, et al. Identifying the evolutionary process of emerging technologies: a chronological network analysis of World Wide Web conference sessions[J]. Technological forecasting and social change, 2015, 91: 280－294.

[55] YOON J, KIM K. Identifying rapidly evolving technological trends for R&D planning using SAO-based semantic patent networks[J]. Scientometrics, 2011, 88(1): 213－228.

[56] 孔德婧，董放，陈子婧，等. 离群专利视角下的新兴技术预测——基于BERT模型和深度神经网络[J]. 图书情报工作，2021，65(17)：131－141.

[57] SONG K, KIM K, LEE S. Identifying promising technologies using patents: a retrospective feature analysis and a prospective needs analysis on outlier patents[J]. Technological forecasting and social change, 2018, 128: 118－132.

[58] ZHOU Y, DONG F, LIU Y, et al. A deep learning framework to early identify emerging technologies in large-scale outlier patents: an empirical study of CNC machine tool[J]. Scientometrics, 2021, 126(2): 969－994.

[59] ERDI P, MAKOVI K, SOMOGYVARI Z, et al. Prediction of emerging technologies based on analysis of the US patent citation network[J]. Scientometrics, 2013, 95(1): 225－242.

[60] 张浩. 数据融合视角下技术预测方法研究[D]. 长春：吉林大学，2019.

[61] 董放，刘宇飞，周源. 基于LDA-SVM论文摘要多分类新兴技术预测[J]. 情报杂志，2017，36(7)：40－45，133.

[62] 党倩娜，杨倩，刘永千. 基于大数据方法的新兴技术新颖性测度[J]. 图书馆杂志，2019，38(4)：91－100.

[63] 罗建，蔡丽君，史敏. 基于专利的两阶段新兴技术识别研究——以图像识别技术为例[J]. 情报科学，2019，37(12)：57－62.

[64] 宋欣娜，郭颖，席笑文. 基于专利文献的多指标新兴技术识别研究[J]. 情报杂志，2020，39(6)：76－81，88.

[65] 李静，徐路路，赵素君. 基于时间序列分析和SVM模型的基金项目新兴主题趋势预测与可视化研究[J]. 情报理论与实践，2019，42(1)：118－123，152.

[66] 李荣，刘静，李梦辉，等. 基于基金项目数据的人工智能技术前沿性测度研究——技术创新决策视角分析[J]. 情报杂志，2020，39(9)：81－87.

[67] 周源，刘宇飞，薛澜. 一种基于机器学习的新兴技术识别方法:以机器人技术为例[J]. 情报学报，2018，37(9)：939－955.

[68] 任智军，乔晓东，张江涛. 新兴技术发现模型研究[J]. 现代图书情报技术，2016(S1)：60－69.

[69] 唐恒，邱悦文. 多源信息视角下的多指标新兴技术主题识别研究——以智能网联汽车领域为例[J]. 情报杂志，2021，40(3)：81－88.

[70] 白敬毅，颜端武，陈琼. 基于主题模型和曲线拟合的新兴主题趋势预测研究[J]. 情报理论与实践，2020，43(7)：130－136，193.

[71] LIU X, PORTER A L. A 3-dimensional analysis for evaluating technology emergence indicators[J]. Scientometrics, 2020, 124(1): 27－55.

作者贡献说明：

刘盼盼:论文框架设计,论文撰写与修改;

王丽:提出研究思路,论文修改与完善。

Research Progress of Emerging Technology Identification from the Perspective of Relational Network

Liu Panpan[1,2] Wang Li[1,2]
[1] National Science Library, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190
[2] Department of Library, Information and Archives Management, School of Economics and Management, University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190

Abstract: [Purpose/Significance] Emerging technology identification helps countries and enterprises to grasp the technological frontier, discover technological opportunities, seize market opportunities and create social value. This paper reviews the research progress of emerging technology identification, and provides a reference for the study of emerging technology identification. [Method/Process] On the basis of clarifying the concepts and characteristics of emerging technology, this paper introduced the identification methods of emerging technologies based on relational networks in detail, summarized the network nodes, network relationships and measurement indicators of emerging technology identification, and made recommendations for the future study of emerging technology identification. [Result/Conclusion] The identification methods of emerging technology based on relational networks include the methods based on citation relationships, co-occurrence relationships, and similarity relationships. The network nodes of emerging technology identification are mainly from papers and patents data. The existing indicator system includes bibliometric indicators and network structure characteristic indicators. In the future, the study of emerging technology identification can be improved from the aspects of enriching data sources, integrating network relationships and measurement indicators. At the same time, the exploration of fusion network of multi-source data and multiple relationships in emerging technology identification should be strengthened.

Keywords: emerging technology relationship network technology identification